THE cliMAX of chemistry

อ่านให้ตรงข้อสอบ

รวมคอนเซปต์เคมี ม.4-5-6

โดยครูกุ๊ก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ห้องสมุดพระนครเหนือ
501031647

ช่วงที่เราติดปัญหาบางอย่างในวิชาเคมี แล้วต้องเปิดหาดูในหนังสือ บางทีมันใช้เวลานานกว่าจะเจอจุดที่ให้คำตอบเราได้ แต่บางครั้งเราก็ไม่รู้ด้วยซ้ำว่าจะเปิดเจอในเล่มไหน? การเรียนรู้มันก็เลยสะดุด ก้าวไปได้ไม่สุดทางที่เราอยากจะไปให้ถึง

ผมเองเจอปัญหาพวกนี้เหมือนกันตอนเรียน ประสบการณ์และเวลา ให้โอกาสผมได้มาเป็นครู จากคำถามนับร้อยของนักเรียน จากข้อสอบนับพันข้อที่คนส่วนใหญ่มักติดปัญหา มันน่าจะมีหนังสือสักเล่ม.. ที่ตอบข้อข้องใจได้เคลียร์ เพื่อให้เราก้าวต่อไปข้างหน้าได้เร็วขึ้น ในเวลาที่มีอยู่จำกัด

แล้วหนังสือเล่มนี้ก็เกิดขึ้นมาจากแนวคิดที่ว่านี้ ผมตั้งใจเขียนด้วยภาษาพูดที่กระชับ อ่านง่าย พยายามให้รูปอธิบายแทนตัวอักษร และใช้ศัพท์วิชาการเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ได้ออกมาเป็นหนังสือเล่มนี้ รวมคอนเซปต์เคมี ม.4-5-6 ที่อ่านเข้าใจได้ตั้งแต่ ม.ต้น แล้วใช้ไปได้จนถึงมหา'ลัย

แม้ผมจะพยายามเขียนให้กระชับ ตรงประเด็นกับข้อสอบที่ออกมาตลอด และคั้นมาแต่เนื้อๆแล้วก็ตาม แต่ด้วยจำนวนเนื้อหาและความหลากหลายของข้อสอบแนวใหม่ๆในปัจจุบัน ความหนาก็เลยอยู่ที่ 476 หน้า โดยเราก็ได้คิดเรื่องนี้ไว้แล้ว จึงออกแบบให้คุณอ่านสะดวกได้ใน 3 รูปแบบคือ (1) อ่านตรงกับโรงเรียนสอนเทอมละ 1 พาร์ท (2) อ่านสบายๆ วันละตอนแล้วจบใน 2 เดือน และ (3) อ่านก่อนสอบเข้ามหา'ลัย โดยเก็บวันละบทเพื่อจบเนื้อหาได้ใน 2 อาทิตย์

หวังว่าหนังสือเล่มนี้จะช่วยให้คุณมีความสุขกับวิชาเคมีมากขึ้น

ครูกุ๊ก

"สำหรับเพื่อการศึกษาเท่านั้น"

PART 1

อะตอม

01 การค้นพบอิเล็กตรอน 4
02 อนุภาคย่อยในนิวเคลียส 11
03 สเปกตรัม 17
04 วงโคจรของอิเล็กตรอน 22
05 การจัดเรียงอิเล็กตรอน 26
06 แบบจำลองอะตอมหลุมหมอก 32
07 สร้างอะตอมจากอิเล็กตรอน 38
08 อนุภาคที่เล็กลงไปอีก 44

ตารางธาตุ

09 วิวัฒนาการของตารางธาตุ 53
10 พฤติกรรมของธาตุแต่ละกลุ่ม 56
11 เทรนด์ในตารางธาตุ 62

พันธะเคมี

12 การเกิดพันธะโคเวเลนต์ 75
13 สมบัติของสารโคเวเลนต์ 83
14 โมเลกุลโคเวลนต์ 92
15 พันธะไอออนิก 102
16 พันธะโลหะ 114
17 แรงระหว่างอนุภาค 118

ธาตุและสารประกอบ

18 ธาตุและสารประกอบพื้นฐาน 125
19 สมบัติเด่นของธาตุ 132
20 ธาตุกัมมันตรังสี 141

PART 2

ปริมาณสารสัมพันธ์

21 ปริมาณโมลและหน่วยทางเคมี 147
22 พื้นฐานปริมาณสารสัมพันธ์ 152
23 สารละลาย 157
24 ร้อยละองค์ประกอบในสาร 169
25 ปริมาณสารในสมการเคมี 180

ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ

26 สถานะของสาร 197
27 กฎของก๊าซและทฤษฎีจลน์ 206

PART 3

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

28 การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 217
29 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาและกฎอัตราฯ 226

สมดุลเคมี

30 ภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุล 235
31 การใช้ประโยชน์จากสมดุลเคมี 246

กรด-เบส

32 ความหมายของกรดและเบส 258
33 การแตกตัวของกรดและเบส 263
34 ปฏิกิริยากรด-เบส 272

PART 4

ไฟฟ้าเคมี

35 ปฏิกิริยารีดอกซ์ 294
36 เซลล์ไฟฟ้าเคมี 309
37 การใช้งานเซลล์ไฟฟ้าเคมี 320

ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรม

38 อุตสาหกรรมแร่ 334
39 อุตสาหกรรมเซรามิก 346
40 อุตสาหกรรมในสาย NaCl 352

PART 5

เคมีอินทรีย์

41 โครงสร้างสารไฮโดรคาร์บอน 363
42 หมู่ฟังก์ชันของสารอินทรีย์ 371
43 สมบัติและปฏิกิริยาของหมู่ฟังก์ชัน 382
44 ไอโซเมอร์และจุดเดือดของสารอินทรีย์ 399

เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์

45 ก๊าซธรรมชาติและปิโตรเลียม 415
46 พอลิเมอร์และสิ่งแวดล้อม 426

สารชีวโมเลกุล

47 คาร์โบไฮเดรตและอนุพันธ์ 439
48 กรดอะมิโนและโปรตีน 447
49 ลิพิด และสารซักล้าง 455
50 สารชีวโมเลกุลอื่นๆที่สำคัญ 463

เทคนิคพิเศษท้ายเล่ม

PART 1

Chapter 01 อะตอม

(หน้า 2-50)

Chapter 02 ตารางธาตุ

(หน้า 51-72)

Chapter 03 พันธะเคมี

(หน้า 73-122)

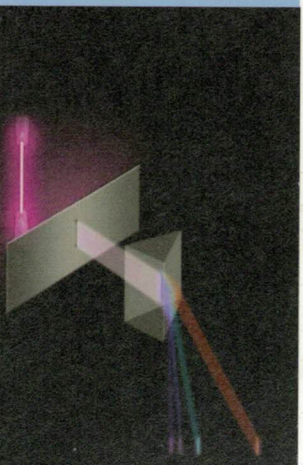
Chapter 04 ธาตุและสารประกอบ

(หน้า 123-143)

"สำหรับเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามจำหน่าย"

1

อะตอม
(Atom)



ภาพรวมเนื้อหา

ตอน 01 การค้นพบอิเล็กตรอน (4-10)

หลอดรังสีแคโทด การทดลองของทอมสัน (6)

การหาประจุอิเล็กตรอนของมิลลิแกน (9)

ตอน 02 อนุภาคย่อยในนิวเคลียส (11-15)

การค้นพบโปรตอนและนิวตรอน (13)

ไอโซโทป (14)

ตอน 03 สเปกตรัม (17-21)

ความถี่ พลังงาน และความยาวคลื่น (19)

เทคนิคการคำนวณเรื่องสเปกตรัม (20)

ตอน 04 วงโคจรของอิเล็กตรอน (22-25)

การดูดและคายพลังงานของอิเล็กตรอน (23)

สีเปลวไฟจากการเผาสารประกอบ (25)

ตอน 05 การจัดเรียงอิเล็กตรอน (26-30)

พลังงานไอออไนเซชัน (26)

การจัดเรียงอิเล็กตรอนแต่ละ shell (27)

ตอน 06 แบบจำลองอะตอมกลุ่มหมอก (32-37)

ทฤษฎีทวิภาค (32)

แบบจำลองกลุ่มหมอก (34)

เลขควอนตัมและออร์บิทัล (36)

ตอน 07 สร้างอะตอมจากอิเล็กตรอน (38-43)

หลักเอาฟบาว เพาลี และกฎของฮุนด์ (38)

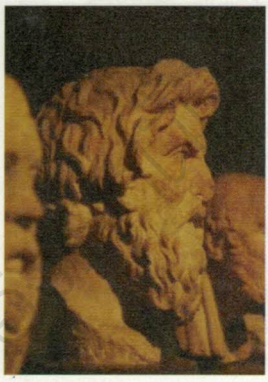
การเขียน SHORTHAND (40)

ตอน 08 อนุภาคที่เล็กลงไปอีก (44-50)

แบบจำลองมาตรฐาน (45)

เนื้อหา 8 ตอนแรกนี้จะพูดย้อนไปตั้งแต่สมัยสองพันปีก่อน แล้วเล่ามาจนเกือบถึงปัจจุบัน ว่าเรื่องราวของอะตอมนั้นเป็นมายังไง แต่อย่าเพิ่งตกใจไป เพราะเราจะเล่าให้เข้าใจเห็นภาพในสี่สิบหน้ากระดาษต่อจากนี้เท่านั้น

ในยุคกรีกโบราณ อารยธรรมบาบิโลเนียนเชื่อว่า สสารประกอบขึ้นจากธาตุทั้ง 5 โดยมีธาตุพื้นฐาน 4 ธาตุ ดิน น้ำ ลม ไฟ และอีก 1 ธาตุวิเศษคือ อีเธอร์ หรือธาตุแท้ ในราวปี พ.ศ. 200 นักปราชญ์ชื่อ **อริสโตเติล** ได้จัดระบบแนวคิดนี้ใหม่ว่า ธาตุแต่ละตัวนั้นมีธรรมชาติที่ต่างกัน "ดิน" จะร่วงลงสู่พื้น "น้ำ" จะถ่ายเทหมุนเวียน "ลม" จะลอยขึ้นสูง และ "ไฟ" เป็นพลังงานที่อยู่เหนือลมขึ้นไปอีก ธาตุทั้ง 4 นี้จะเปลี่ยนแปลงไปมาเสมอเพื่อพยายามกลับไปสู่ที่เดิมของมัน เช่น ดินจะหล่นลงพื้น ส่วนไฟจะพุ่งขึ้นฟ้า สารต่างๆในโลกก็เกิดจากธาตุทั้ง 4 ผสมกันในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ส่วนธาตุวิเศษ "อีเธอร์" จะอยู่บนท้องฟ้าและจักรวาล ถือเป็นธาตุแท้ที่ไม่เปลี่ยนแปลง (อันนี้เขาเชื่อตามแนวคิดของปีทากอรัสอีกที)



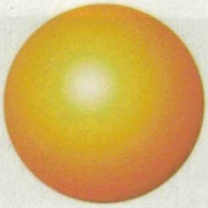
แนวคิดนี้ได้ถูกนำไปสร้างหนังเรื่อง The Fifth Element (พ.ศ. 2540) มีบรูซ วิลลิส, มิลลา โจโววิช แสดงนำ

นักปราชญ์กรีกอีกคนหนึ่งชื่อ **เดโมคริตุส** กลับมีแนวคิดสวนทางกับเรื่องธาตุ 5 เพราะเขาเชื่อว่า "เมื่อแบ่งสสารทุกอย่างลงไปเรื่อยๆจนเล็กที่สุดแล้วจะเจออะตอม" (คำว่า อะตอม เป็นภาษากรีก คล้ายคำว่า ปรมาณู ในภาษาฮินดูที่แปลว่าแบ่งแยกอีกไม่ได้) แต่แนวคิดนี้ก็ถูกปิดกั้นด้วยอิทธิพลของความเชื่อและศาสนา ผู้ที่คิดต่างถือว่านอกรีต และมีโทษถึงชีวิต ผู้คนจึงเชื่อตามหลักธาตุ 5 ของอริสโตเติลกันเป็นเวลานานหลายศควรรษ

2000 ปีต่อมา แนวคิดเรื่องอะตอมก็กลับเข้าสู่เส้นทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นพื้นฐานของวิทยาการในปัจจุบัน หน้าต่อไปเราจะเริ่มเล่าตั้งแต่ช่วงที่กรุงรัตนโกสินทร์เพิ่งก่อตั้งขึ้นใหม่ๆ ว่าบนโลกอีกฝั่งในสมัยนั้น นักวิทยาศาสตร์ในยุโรปและอเมริกาค้นพบอะไรกันบ้าง

"สำหรับแจกฟรี ห้ามซื้อขาย"

ตอน 01 การค้นพบอิเล็กตรอน



อนุภาค แปลว่า ก้อนเล็กๆ

ในปี พ.ศ. 2346 (ก่อนค้นพบอิเล็กตรอน 100 ปี) **จอห์น ดอลตัน** (John Dalton) ได้ตั้งทฤษฎีอะตอมขึ้นมา โดยเขาได้ทดลองนำสารต่างๆ มาเผาให้สลายตัว หรือไม่ก็นำสารต่างๆ มาผสมกันให้เกิดปฏิกิริยา แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เขาตั้งทฤษฎีอะตอมขึ้นมา ซึ่งสรุปใจความสำคัญได้ดังนี้

1. สสารประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุดที่เรียกว่า “อะตอม” (บังเอิญเป็นคำเดียวกับที่เดโมคริตุสใช้พอดี)
2. อะตอมเป็น “ทรงกลมตัน” ที่ไม่สามารถแบ่งแยกย่อยลงไปได้อีกแล้ว
3. อะตอมธาตุชนิดเดียวกันจะเหมือนกันเป๊ะ ซึ่งแตกต่างจากอะตอมของธาตุอื่น
4. เมื่ออะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมารวมตัวกันเป็นสารประกอบ จะมีสัดส่วนการรวมตัวเป็นเลขลงตัวอย่างง่าย เช่น H_2O, CO_2 (สัดส่วนคือเลขห้อย)
5. ไม่ว่าใครก็ตาม จะสร้างอะตอมขึ้นใหม่หรือทำลายอะตอมให้หายไปไม่ได้

จากนี้ ตัวสีเขียวจะบอก [พ.ศ.] ชื่อนักวิทยาศาสตร์ เทียบกับยุคสมัยหรือเหตุการณ์ในโลก

[2293] Benjamin Franklin สมัยพระเจ้าอยู่หัวบรมโกศ (กรุงศรีอยุธยา)

[2375] Michael Faraday สมัย ร.2

[2402] Julius Pluecker สมัย ร.4

[2422] Sir William Crookes ปีเกิดของไอน์สไตน์

[2434] G.J. Stoney ปีที่ ร.ว. ศิริราชเริ่มเปิดให้บริการ

เราลองมาดูสิ่งอื่นๆที่นักวิทยาศาสตร์ในยุคนั้นค้นพบ ซึ่งจะปูทางไปสู่ทฤษฎีอะตอมที่ดีขึ้นเรื่อยๆ เริ่มจาก

- เบนจามิน แฟรงคลิน ค้นพบประจุไฟฟ้าในอากาศ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นๆศึกษาถึงประจุไฟฟ้ามากขึ้น
- ฟาราเดย์ ค้นพบการเหนี่ยวนำไฟฟ้าจากแม่เหล็ก ความรู้เรื่องนี้เป็นต้นกำเนิดของไดนาโม
- เพลอเคอร์ สร้างหลอดรังสีแคโทด (CRT: Cathode Ray Tube) ทำให้เห็นรังสีแคโทด (ลำแสงสีเขียว) ซึ่งก็คืออิเล็กตรอนนั่นเองเพียงแต่ตอนนั้นไม่มีใครรู้
- ครูกส์ ค้นพบว่าลำแสงสีเขียวใน CRT มีมวล (เพราะยิงใส่ใบพัดแล้วรังสีนั้นผลักให้ใบพัดหมุนได้) และมีประจุลบ (เพราะรังสีเบนเข้าหาขั้วบวกในสนามไฟฟ้า)
- สโตนีย์ เสนอว่า “ไฟฟ้าเกิดจากอนุภาคเล็กๆ ที่อยู่ในอะตอม เขาตั้งชื่อไอ้เจ้าอนุภาคเล็กๆที่เป็นต้นเหตุของประจุไฟฟ้าว่า “อิเล็กตรอน” (electron) ตรงนี้เริ่มขัดแย้งกับทฤษฎีของดอลตันชัดๆเลย แต่ก็เป็นเพียงข้อเสนอเท่านั้น เพราะยังไม่มีอะไรมาพิสูจน์

จุดเริ่มต้นของการค้นพบอิเล็กตรอนก็มาจาก “หลอดรังสีแคโทด” นี่แหละ (ให้นึกภาพถึงหลอดแก้วทรงกระบอก ที่สูบเอาอากาศออกไป ซึ่งยังไงก็ไม่มีทางสูบออกได้หมด จะยังมีอากาศเหลืออยู่หน่อยๆประมาณ “หนึ่งในล้าน” ของบรรยากาศปกติ

"สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ห้ามดัดแปลงเนื้อหา"

ความดันในหลอดจะต่ำมาก (ประมาณ 10^{-6} atm) หรือถ้าจะใส่ก๊าซอื่นแทนอากาศก็จะต้องสูบออกให้ได้ความดันค่านี้เหมือนกัน ก๊าซในหลอดถึงจะนำไฟฟ้าได้

มีหลอดแก้วสุญญากาศแล้ว (จริงๆแค่เกือบสุญญากาศ) ก็ต้องมีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ ขั้วบวก-ขั้วลบ ที่มีความต่างศักย์ระหว่างขั้วสูงประมาณหมื่นโวลต์ (ความต่างศักย์ก็คือแรงดันไฟฟ้า) เมื่อเปิดให้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ไหลเข้าไปที่ขั้ว ก๊าซในหลอดจะแตกตัวเป็นอนุภาคบวกกับอนุภาคลบ

อนุภาคบวกจะวิ่งไปยังขั้วลบ (ขั้วแคโทด) อนุภาคลบจะวิ่งไปหาขั้วบวก (ขั้วแอโนด) มันจะวิ่งสวนทางกัน ประจุที่กำลังเคลื่อนที่นี้เราจะเห็นเป็นรังสีหรือลำแสงสีเขียว และเพื่อให้เห็นชัดว่ารังสีวิ่งไปทางไหน เราจะฉาบสารเรืองแสงไว้ที่ก้นหลอด รังสีไปกระทบตรงไหนของหลอด ก็จะเห็นตรงนั้นก็จะเป็นจุดสว่าง

ออยเกน โกลด์ชไตน์ ทำการทดลองด้วยหลอด CRT โดยเขาสังเกตดูรังสีที่วิ่งจากขั้วบวก (ขั้วแอโนด) ไปยังขั้วลบ (แคโทด) หรือเรียกว่ารังสีแอโนด โดยเขาลองเอาสนามไฟฟ้าไปครอบตรงที่รังสีนี้วิ่งผ่าน ตามรูปขวา ผลที่ได้คือ

1. เส้นรังสีนั้นเบนเข้าหาขั้วลบของสนามไฟฟ้า แสดงว่ารังสีนี้คือ “อนุภาคบวก” ที่เกิดจากการแตกตัวของอะตอม (เพราะประจุบวกมันจะเบนเข้าหาแผ่นลบ)

   การค้นพบนี้เป็นครั้งแรกที่พิสูจน์ว่ามีสิ่งที่เล็กกว่าอะตอม อนุภาคบวกที่โกลด์ชไตน์สังเกตเห็นต้องเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งของอะตอม

2. การเบนของเส้นรังสีบวกจะแตกต่างกันตามชนิดของก๊าซที่บรรจุในหลอด ถ้าก๊าซหนักจะเบนน้อย ส่วนก๊าซเบาจะเบนมากกว่า (หนัก-เบา หมายถึงมวลของก๊าซแต่ละโมเลกุล เช่น O_2 จะหนักกว่า H_2) เช่น ถ้าก๊าซในหลอดเป็น H_2 ตอนนำไฟฟ้าโมเลกุลจะแตกตัวเป็น H_2^+ ถ้าเป็น N_2 ก็จะแตกตัวเป็น N_2^+ อนุภาคบวก H_2^+ กับ N_2^+ นี้มีประจุ (+1) เท่ากันแต่ N_2^+ มีมวลหนักกว่า H_2^+ อยู่ถึง 14 เท่า N_2^+ เลยเบนน้อยกว่า (เพราะมันหนัก)

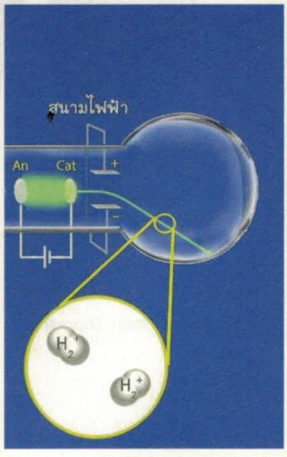
โกลด์ชไตน์ หาค่า “ประจุต่อมวล” (q/m) ของอนุภาคบวก (คำนวณจากการเบนของเส้นรังสี) ค่าที่ได้ออกมานั้นต่างกันไปตามชนิดก๊าซที่ใส่ในหลอด แปลว่าอนุภาคบวกที่เขาพูดถึง ไม่ได้มีในทุกธาตุ เพราะถ้ามีเหมือนกันในทุกๆธาตุ ต้องได้ค่า q/m ออกมาเหมือนกันหมด

แต่ยังมีนักวิทยาศาสตร์อีกท่านที่ทดลองแตกต่างไปจากนี้ นั่นคือ เจ.เจ.ทอมสัน

ความต่างศักย์ หรือ แรงดันไฟฟ้า
ความต่างศักย์ประมาณ 70 โวลต์ จะเริ่มดูดคนได้แล้ว ถ้าเป็นหมื่นโวลต์ ให้นึกถึงหัวเทียนในเครื่องยนต์ แม้โวลต์จะสูงแต่ใช้กระแสต่ำ (แอมป์น้อย) ก็จะไม่เป็นอันตราย

สรุปง่ายๆ ไฟจะดูดหรือไม่? ให้ดูที่โวลต์ ถ้าเกิน 70 V เราถึงจะรู้สึกโดนดูด อันตรายหรือไม่? ให้ดูที่แอมป์ ต่ำกว่า 1 mA ก้ไม่เป็นอันตราย

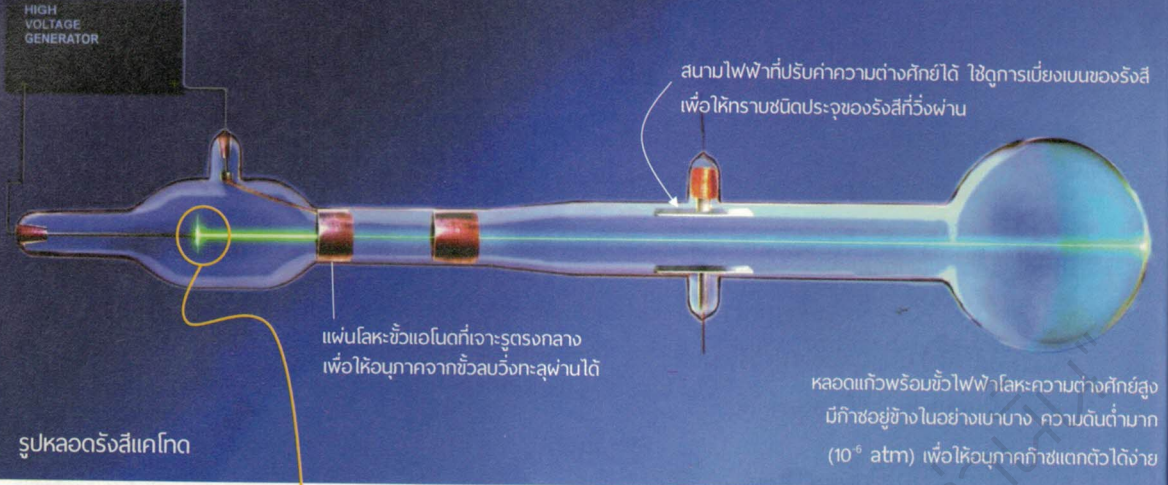
[2429] Eugen Goldstein “โค้ก” ออกจำหน่ายเป็นครั้งแรก



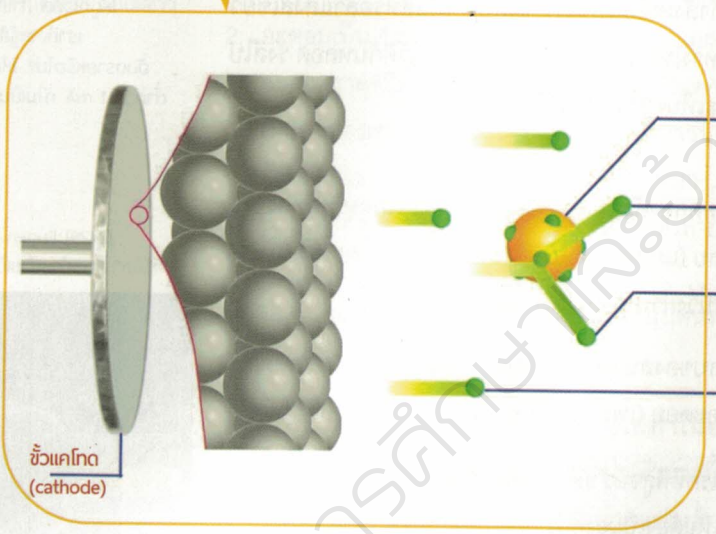
ก๊าซไฮโดรเจนแตกตัวเป็นอนุภาคบวก (รังสีแอโนด)

เราจะเรียก “อนุภาคบวก” ว่า “รังสีบวก” ก็ได้ เพราะเวลาอนุภาคพวกนี้วิ่งเร็วๆ เราจะเห็นมันเป็นลำแสงหรือเป็นเส้นรังสี

ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์ ห้ามนำไปจำหน่าย



รูปหลอดรังสีแคโทด

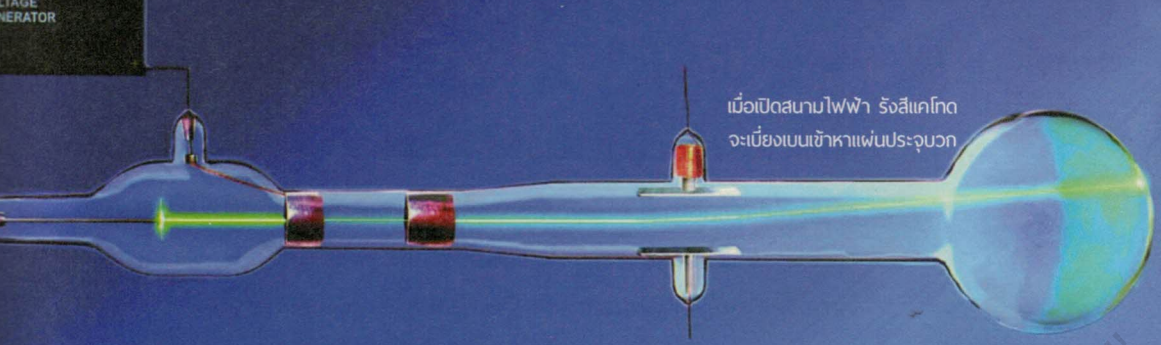


[2440]
Sir Joseph John Thomson
สมัย ร.5

เจ.เจ. ทอมสัน ศึกษารังสีแคโทด โดยใส่สนามไฟฟ้าเข้าไปในหลอดด้วยเพื่อดูการเบนของรังสีแคโทด (อนุภาคลบ) การทดลองคล้ายๆ กับ เซอร์ วิลเลียม ครูกส์ แต่ทอมสันทดลองซ้ำๆ โดยเปลี่ยนชนิดก๊าซที่ใส่ในหลอดไปเรื่อยๆ ไม่ว่าเขาจะใส่ก๊าซอะไรก็ตามเขาพบว่ารังสีแคโทดมีการเบนเหมือนกันหมด ทำให้เขามั่นใจว่า "อนุภาคลบตัวนี้ต้องเป็นส่วนประกอบสำคัญในอะตอมของทุกๆธาตุแน่นอน" (ส่วนอนุภาคบวกกับลบนั้นต่างกันตรงไหน? เราสรุปไว้ในตารางข้างล่างนี้)

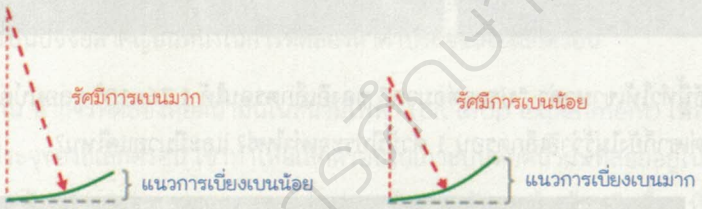
เปรียบเทียบรังสีแคโทดกับรังสีแอโนด		
ข้อเปรียบเทียบ	รังสีแคโทด (อนุภาคลบ)	รังสีแอโนด (อนุภาคบวก)
การเกิดขึ้น	หลุดจากขั้วหรือจากอะตอม	อะตอมแตกตัว
จำนวนอนุภาค	มีมากกว่า	มีน้อยกว่า
อำนาจทะลุทะลวง	ดีกว่า (เพราะเบากว่า)	น้อยกว่า (เพราะหนักกว่า)
การเบี่ยงเบน	เบนเข้าหาขั้วบวก	เบนเข้าหาขั้วลบ

"สำหรับเผยแพร่การศึกษาเท่านั้น ห้ามจำหน่าย"



การเบนของรังสีแคโทด

รังสีแคโทดจะมีการเบี่ยงเบนไปจากแนวเดิมเมื่อเราปรับค่าความแรงของสนามไฟฟ้า (ถ้าเพิ่มความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะ สนามไฟฟ้าจะแรงขึ้น รังสีแคโทดก็จะเบนเข้าหาแผ่นบวกมากขึ้น) คำว่า "รัศมีการเบน" กับคำว่า "แนวการเบี่ยงเบน" สองคำนี้สื่อความหมายคนละอย่างกัน ลองดูจากรูปนี้



ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อแนวการเบนของรังสีแคโทด เช่น ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแคโทด-แอโนดของหลอดรังสี (ย่อหน้าบนพูดถึงความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะที่ใช้สร้างสนามไฟฟ้า คนละอย่างกับอันนี้นะ) ถ้า *ความต่างศักย์ขั้วหลอดมากขึ้น* อิเล็กตรอนที่หลุดออกจากขั้วจะวิ่งเร็วขึ้น ช่วงเวลาที่วิ่งผ่านสนามไฟฟ้าก็จะสั้นลง ทำให้พวกมันได้รับแรงจากสนามไฟฟ้าน้อยลง *เส้นรังสีก็จะเบนน้อยลง* ตามไปด้วย (แปลว่า รัศมีการเบนจะต้องมากขึ้น)

ทอมสัน ได้ข้อสรุปจากการทดลองขั้นแรกนี้ว่า "ธาตุทุกชนิดมีอนุภาคลบ (รังสีแคโทด หรือ ลำแสงสีเขียว) เป็นองค์ประกอบเหมือนๆกัน" เขาเรียกอนุภาคนี้ว่า "คอร์ปัสเคิล" (corpuscle) แต่ต่อมาภายหลังนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ตกลงให้เรียกชื่ออนุภาคลบที่มีอยู่ในทุกๆธาตุว่า "อิเล็กตรอน" ตามที่สโตนี่ทำนายไว้เมื่อ 6 ปีก่อนก่อนหน้านี้ ทอมสันก็ต้องยอมเสียงส่วนใหญ่ เอาเวลาไปคิดการทดลองขั้นต่อไปดีกว่า นั่นคือต้องหาวิธีวัดค่าประจุลบของอิเล็กตรอนออกมาให้ได้

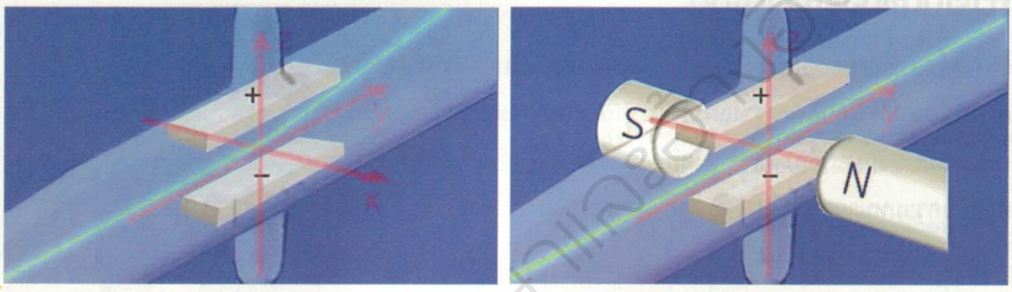
ถึงตรงนี้ "อนุภาคลบ" "รังสีแคโทด" และ "อิเล็กตรอน" คือสิ่งเดียวกันแล้วนะ

"ลงทุนเพื่อการศึกษาแห่งชาติ"

การหาประจุต่อมวลของอิเล็กตรอน

กลับมาที่การทดลองของทอมสันต่อ จากเดิมที่ใช้สนามไฟฟ้าอย่างเดียว (รูปซ้าย) เขาคิดว่าแรงแม่เหล็กน่าจะผลักรังสีแคโทดให้เบนได้เหมือนกัน แล้วถ้าอิเล็กตรอนวิ่งผ่านทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กพร้อมกันล่ะ มันจะเบนแบบไหน?

ทอมสันปรับปรุงการทดลองใหม่ คราวนี้เขาจัดอุปกรณ์ให้มีทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กครอบอยู่ในบริเวณเดียวกัน โดยเขาเชื่อว่าถ้าจัดให้แรงจากสนามไฟฟ้าและแรงจากสนามแม่เหล็กนั้นกระทำต่ออิเล็กตรอนในทิศทางตรงกันข้าม (แรงไฟฟ้าผลักให้เบนขึ้น แรงแม่เหล็กผักให้เบนลง) ในขนาดที่เท่ากันพอดี แรงทั้งสองก็หักล้างกันหมด รังสีแคโทดก็จะวิ่งเป็นเส้นตรงโดยไม่เบี่ยงเบน (รูปขวา)



วิธีนี้ทำให้เขาหาค่า "ประจุต่อมวล" ของอิเล็กตรอนได้ 1.76×10^8 คูลอมบ์ต่อกรัม แต่เขาก็ยังไม่รู้ว่าอิเล็กตรอน 1 ตัวนี้มีประจุเท่าไหร่? และมีมวลแค่ไหน?

วิธีการทดลอง	ผลที่ได้
1. ครอบสนามไฟฟ้า บริเวณที่รังสีแคโทดวิ่งผ่าน	รังสีแคโทดเบนเข้าหาแผ่นบวกของสนามไฟฟ้า แสดงว่า รังสีแคโทดมีประจุเป็นลบ
2. ครอบสนามแม่เหล็ก บริเวณเดียวกันให้เกิดแรงหักล้างกับสนามไฟฟ้า	มีแรงแม่เหล็กมาหักล้างกับแรงจากสนามไฟฟ้า ทำให้รังสีแคโทดวิ่งเป็นเส้นตรงดังเดิม
3. หาค่าประจุต่อมวลของรังสีแคโทด (หรืออิเล็กตรอน)	ใช้สมการ: **แรงไฟฟ้า = แรงแม่เหล็ก** $qE = qvB$ จะสามารถหาค่าความเร็ว (v) ของรังสีแคโทดได้ นำค่า v ที่ได้มาคำนวณกับรัศมีการเบนในสนามแม่เหล็กด้วยสมการ $F = qvB = mv^2/r$ เราก็จะสามารถหาค่า **ประจุต่อมวล (q/m)** ของอิเล็กตรอนได้เท่ากับ **1.76×10^8 C/g**

"สำหรับเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์"

แบบจำลอง Plum Pudding Model

[พ.ศ. 2447] การค้นพบอิเล็กตรอนของทอมสันเป็นที่ยอมรับในวงการวิทยาศาสตร์ เขาจึงเสนอแบบจำลองอะตอม "Plum pudding model" ซึ่งอธิบายว่า **"อะตอมของธาตุทุกชนิดมีความเป็นกลางทางไฟฟ้า ประกอบด้วยอิเล็กตรอนที่มีประจุลบ ฝังอยู่ในเนื้ออะตอมซึ่งมีประจุเป็นบวก"**

เมื่ออะตอมก๊าซอยู่ในภาวะความดันต่ำมากๆ เช่นในหลอดรังสี (CRT) ที่เขาทดลอง หากถูกชนด้วยอิเล็กตรอนจากขั้วแคโทด อิเล็กตรอนที่ฝังในเนื้ออะตอมนั้นมีโอกาสหลุดออกจากอะตอมได้ ทำให้อะตอมก๊าซนั้นจะกลายเป็นอนุภาคบวก (รังสีแอโนด)

การหาค่าประจุของอิเล็กตรอน

[2438] Wilhelm Roentgen

2 ปีก่อนหน้าที่ทอมสันเริ่มการทดลอง **เรินเกนต์** ก็ทดลองเกี่ยวกับหลอดรังสีเช่นกัน เขาพยายามศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของรังสีแคโทดเมื่ออยู่นอกหลอด แต่เขาดันค้นพบรังสีอีกชนิดหนึ่งที่แตกต่างไปจากที่เคยมี นั่นก็คือ "รังสีเอกซ์" (X-rays) ซึ่งรังสีนี้ก็เป็นปัจจัยสำคัญอันหนึ่งในการทดลองหาค่าประจุของอิเล็กตรอน

[2451] Robert Andrews Millikan ปีที่ไทยเสียดินแดน ตรังกานู กลันตัน ไทรบุรี และปะลิส ให้แก่อังกฤษ

มิลลิแกน ทำการทดลองหยดน้ำมันในสนามไฟฟ้า **(oil drop experiment)** เพื่อหาค่าประจุของอิเล็กตรอน เขาทำให้อิเล็กตรอนไปเกาะบนหยดน้ำมันที่ลอยอยู่ในสนามไฟฟ้าแล้วอาศัยสมดุลของแรงโน้มถ่วง (ทิศลง) กับแรงไฟฟ้า (ทิศขึ้น) ที่กระทำต่อหยดน้ำมัน แล้วหาค่าประจุลบของอิเล็กตรอนที่มาเกาะบนหนดน้ำมันได้

มิลลิแกนใช้ถังทรงกระบอกที่ติดตั้งเครื่องมือสำคัญ 4 อย่าง ได้แก่ **(1)** ที่ฉีดพ่นน้ำมันให้ออกมาเป็นละออง (นึกถึงฟือกกี้ครับ) **(2)** กล้องขยายไว้ส่องดูละอองหยดน้ำมัน **(3)** เครื่องสีเทาๆ ใช้ยิงรังสีเอ็กซ์ หรือ X-ray ไปยังอากาศบริเวณที่ละอองหยดน้ำมันเคลื่อนผ่าน ที่เขาทำแบบนี้เพราะว่าโมเลกุลอากาศที่โดนยิงด้วย X-ray จะแตกตัว ทำให้มีอิเล็กตรอนอิสระหลุดออกมา แล้วบริเวณรอบๆ ก็เต็มไปด้วยละอองน้ำมันที่พร้อมให้อิเล็กตรอนเข้าไปเกาะ น้ำมันหยดหนึ่งจะมีอิเล็กตรอนไปเกาะกี่ตัวก็ได้ เมื่อเกาะแล้วหยดนั้นก็จะมีประจุลบ เขาจึงใช้อุปกรณ์ที่ **(4)** สนามไฟฟ้าที่แผ่นบนเป็นบวก ซึ่งเจาะรูเล็กๆ ไว้ตรงกลางให้ละอองน้ำมันผ่านลงมาได้ ดังรูป

เมื่อ **มิลลิแกน** หาวิธีทำให้อิเล็กตรอนไปเกาะบนหยดน้ำมันได้แล้ว และหยดน้ำมันนี้ก็ลอยอยู่ในสนามไฟฟ้า เขาก็ปรับค่าสนามไฟฟ้าให้พอเหมาะจนแรงจากสนามไฟฟ้า (แผ่นบวกอยู่ข้างบน) ดึงดูดหยดน้ำมันไว้ให้ลอยนิ่งได้ เขาก็ส่องกล้องดูเฉพาะหยดที่อยู่นิ่งๆ ที่ไม่ได้ลอยขึ้นหรือลอยลงไปตามแรงโน้มถ่วง

- มิลลิแกนเลือกสังเกตหยดที่ลอยนิ่งๆ วัดขนาดของหยดนั้นจากสเกลบนกล้อง พอรู้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เอามาหารสองก็จะได้รัศมี) ก็คำนวณหาปริมาตรหยดน้ำมัน (เป็นทรงกลม) ตามสูตร $4\pi r^3/3$
- พอได้ปริมาตรมาแล้วก็เอามาหามวลต่อได้โดยใช้ค่าความหนาแน่นของน้ำมันด้วยสูตร $D = m/V$ ก็จะได้ค่า m (มวล) ของหยดน้ำมันหยดนั้น
- ค่ามวล m จะนำมาคิดค่า "แรงโน้มถ่วง" ได้จาก $F = mg$
- ส่วนแรงจากสนามไฟฟ้า $F = qE$ ค่า E หาได้จาก "ความต่างศักย์ที่ใช้สร้างสนามไฟฟ้า" หารด้วย "ระยะห่างระหว่างแผ่นบน-ล่าง"
- หยดน้ำมันลอยนิ่งได้เพราะแรง $F_{โน้มถ่วง} = F_{ไฟฟ้า}$ หรือ $mg = qE$ ซึ่งมิลลิแกนรู้อยู่แล้วว่า m g และ E เป็นเท่าไหร่จึงแก้สมการหา q ได้

ค่า q ที่ได้ก็คือประจุลบของอิเล็กตรอนทั้งหมดที่เกาะอยู่บนหยดน้ำมัน หรือ $n(e^-)$ เพราะเขาก็ไม่รู้ว่าหยดน้ำมันหยดที่หาค่า q ได้เนี่ยมันมีอิเล็กตรอนมาเกาะกี่ตัว (ก็เลยต้องติดค่า n ไว้ก่อน) แล้วเขาก็ทดลองซ้ำแบบนี้อีกหลายครั้ง เพื่อให้ได้ค่า q มาหลายๆ ค่า จดไว้เป็น $q_1, q_2, q_3, \ldots$ (แต่ละ q ก็คือ $q_1 = n_1(e^-)$ และ $q_2 = n_2(e^-)$ แบบนี้ไปเรื่อยๆ จะเห็นว่าค่า e^- มันเป็นตัวประกอบร่วมที่ซ่อนอยู่ใน q แต่ละค่า)

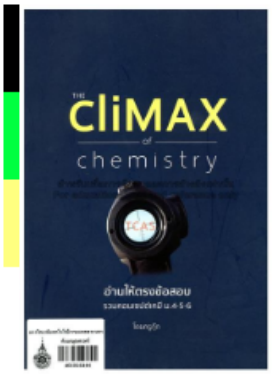
สมมติว่ามิลลิแกนหาค่า q มาได้ 20 ค่าซึ่งแตกต่างกันหมด เขาก็หาค่า "ห.ร.ม." (ที่เราเรียนกันตอนประถม) ของ q_1 ถึง q_{20} ค่า ห.ร.ม. ที่ได้ก็คือ **ประจุ e^- ของอิเล็กตรอน 1 ตัว ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.6×10^{-19} C (คูลอมบ์)** นั่นเอง และเมื่อเอาค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนที่ทอมสันหาไว้แล้ว ($q/m = 1.76\times10^8$ g/C ตรงท้ายตารางหน้า 8) มาคำนวณก็จะหามวลของอิเล็กตรอนได้เลย

$$1.6\times10^{-19}\ \cancel{C} \times \frac{1\ g}{1.76\times10^{8}\ \cancel{C}} = 9.1\times10^{-28}\ g$$

"สำหรับเพื่อการศึกษาเท่านั้น"

สามารถยืมและติดตามหนังสือใหม่ได้ที่ ระบบห้องสมุดอัตโนมัติ WALAI AutoLib

http://lib.rmutp.ac.th/catalog/BibItem.aspx?BibID=b00104496



Multi view View map

อ่านให้ตรงข้อสอบ = The cliMAX of chemistry / ทศสิน อินทโรจน์.

Author	ทศสิน อินทโรจน์
Published	กรุงเทพฯ : กรีนไลฟ์ พริ้นติ้ง เฮาส์, 2561
Edition	พิมพ์ครั้งที่ 2
Detail	471 หน้า : ภาพประกอบ ; 24 ซม
Subject	เคมี -- ข้อสอบและเฉลย(+)
ISBN	9786164554429
ประเภทแหล่งที่มา	Book

"สำหรับเพื่อการศึกษาและอ้างอิงเท่านั้น"